

Systemes et procédés

Terminale STL

Enseignement de spécialité SPCL

(Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire)

Gestion du stockage d'eau alimentaire
Dans un château d'eau

QUIRIN Patrick

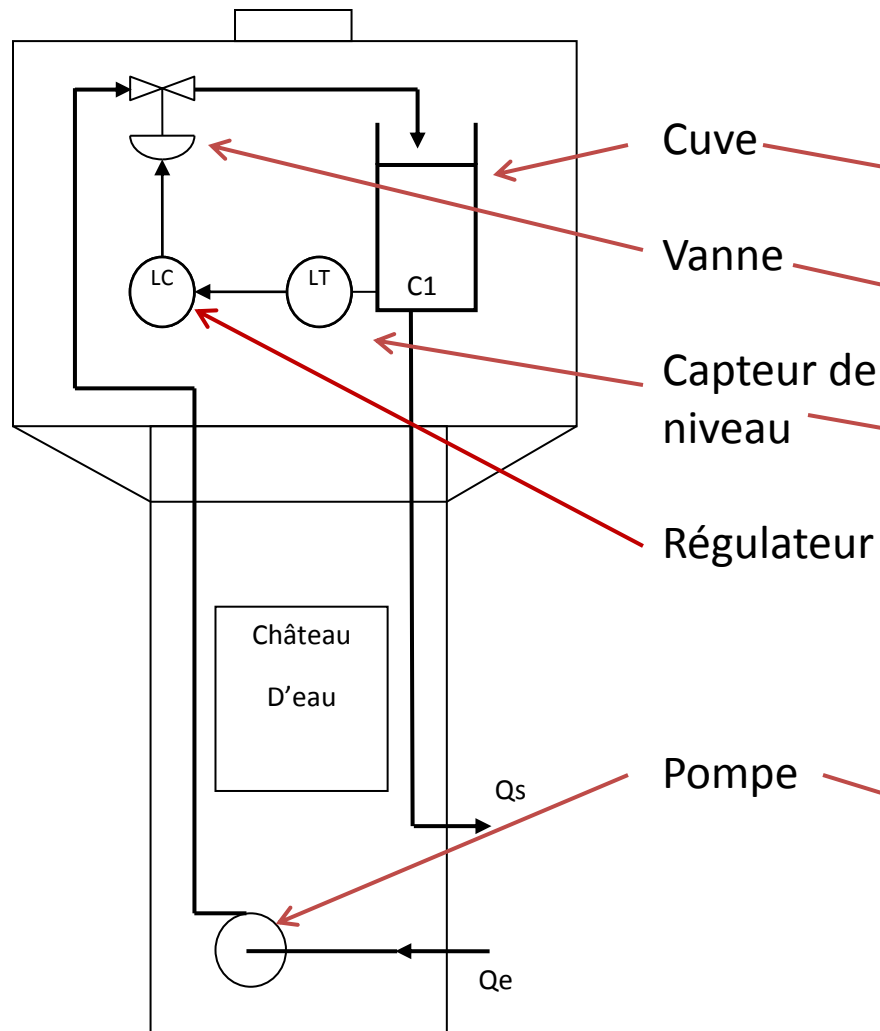
Lycée Louis Vincent METZ

Château d'eau de Verny (57)



Systèmes et procédés

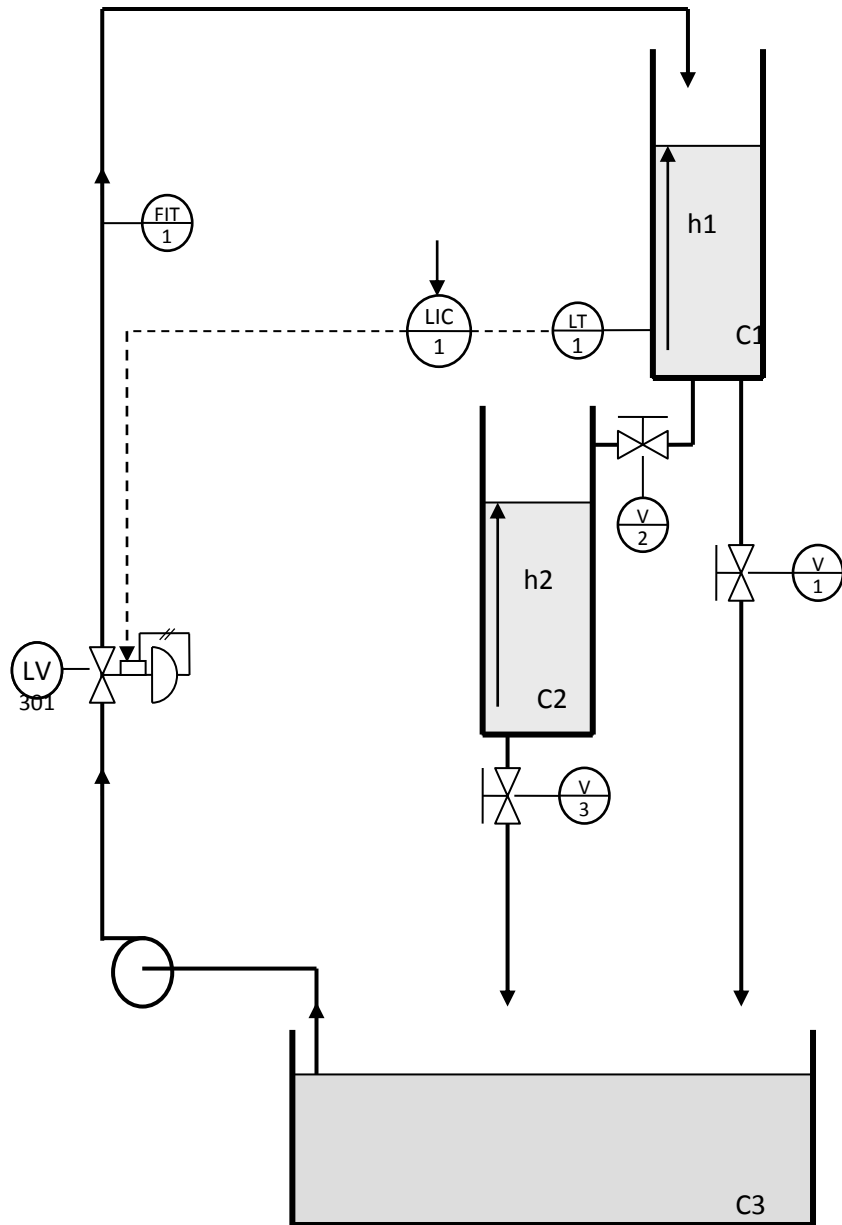
- Le support d'étude est un château d'eau dont il s'agit d'étudier la gestion du stockage de l'eau.
- La problématique engendrée par la gestion de la fourniture d'eau est principalement liée au maintien constant du niveau d'eau dans le château d'eau. Le but est de fournir de l'eau aux consommateurs à un débit non contrôlé (mais limité cependant).
- De manière à assurer ce débit d'extraction d'eau de la réserve il est nécessaire d'imposer un niveau d'eau suffisant. D'autre part afin d'assurer une pression statique minimale dans le réseau de distribution, le niveau doit présenter une hauteur d'eau suffisante également.
- Pour des raisons de sécurité le niveau ne doit pas être supérieur à une certaine valeur.



Modélisation de la cuve de stockage du château d'eau



Le système didactisé de cet enseignement ;
maquette de régulation de niveau



Représentation normalisée ; schéma tuyauteries et instruments

- **Système : Gestion du niveau d'eau dans un château d'eau**
- **Entrée : Débit d'eau alimentaire** **Sortie : Niveau d'eau réglé**
- **Besoin : Maintien constant du niveau de la cuve C1.**

Fonction	Notions et contenus des programmes	Notions et contenus complémentaires
Circulation d'un fluide	Mesure de débit (MI) Débit volumique (T ^{ale} PC) Vitesse moyenne d'écoulement dans une canalisation (T ^{ale} PC)	Fluide incompressible en mouvement Pertes de charge Conservation de l'énergie
Mesure de niveau	Hydrostatique (T ^{ale} PC) Pression relative, absolue Pression différentielle (T ^{ale} PC) Ondes ultra sonore (1 ^{ère} PC) Propagation du son dans différents milieux (1 ^{ère} PC) Sources d'erreurs et incertitudes de mesure (MI et tous les programmes de T ^{ale})	Caractéristique de transfert statique d'un capteur Conditionneur de capteur Réponse temporelle, temps de réponse Filtrage de la mesure

Fonction	Notions et contenus des programmes	Notions et contenus complémentaires
Maintien du niveau		Aspect fonctionnel, schéma fonctionnel Grandeurs fonctionnelles Caractéristiques statiques et dynamiques Point de fonctionnement, systèmes stables et instables
Performance des réglages		Régulation à action continue (PI) Influence du gain et l'action intégrale Critères ; rapidité, stabilité, précision
Gestion du débit	Énergie et puissance électrique Puissance absorbée, puissance utile (Tale PC)	Conversion statique de l'énergie Puissance hydraulique Pertes de charges

Exploitation pédagogique

Quelques remarques:

Le principe des « TP tournants » est abandonné au profit d'une exploitation pédagogique qui se fera sous forme de séquences composées des trois modalités:

- Étude contextualisée à partir d'un système réel et/ou didactisé
- Activités expérimentales
- Synthèses collectives permettant la structuration des

connaissances

Le choix des systèmes permettra de réinvestir les connaissances dans des contextes différents.

Le fait de disposer d'un seul système impose cette mixité d'exploitation qui permet en outre d'imposer un rythme plus varié et donc de donner de la vivacité à la séquence pédagogique

L'exploitation du programme de systèmes et procédés se fera en utilisant environ 6 procédés didactisés tout au long de l'année

Période envisagée pour ce thème ; début d'année

Séquence pédagogique ;

Mesure de niveau

Mise en situation : *Après avoir présenté le château d'eau, son modèle sous forme de schéma, il s'agit de d'analyser le principe de mesure de niveau.*

Temps prévu : 15 mn

I Documents à disposition :

Dossier technique de la maquette

Notice du capteur de niveau

II Repérer sur la maquette l'appareil permettant la mesure de niveau (ANALYSER)

Cette activité consiste à ce que les élèves mènent tous la même analyse en binôme. A l'issue de la synthèse collective de cette partie les résultats attendus sont fournis.

Exemples de questions à destination des élèves:

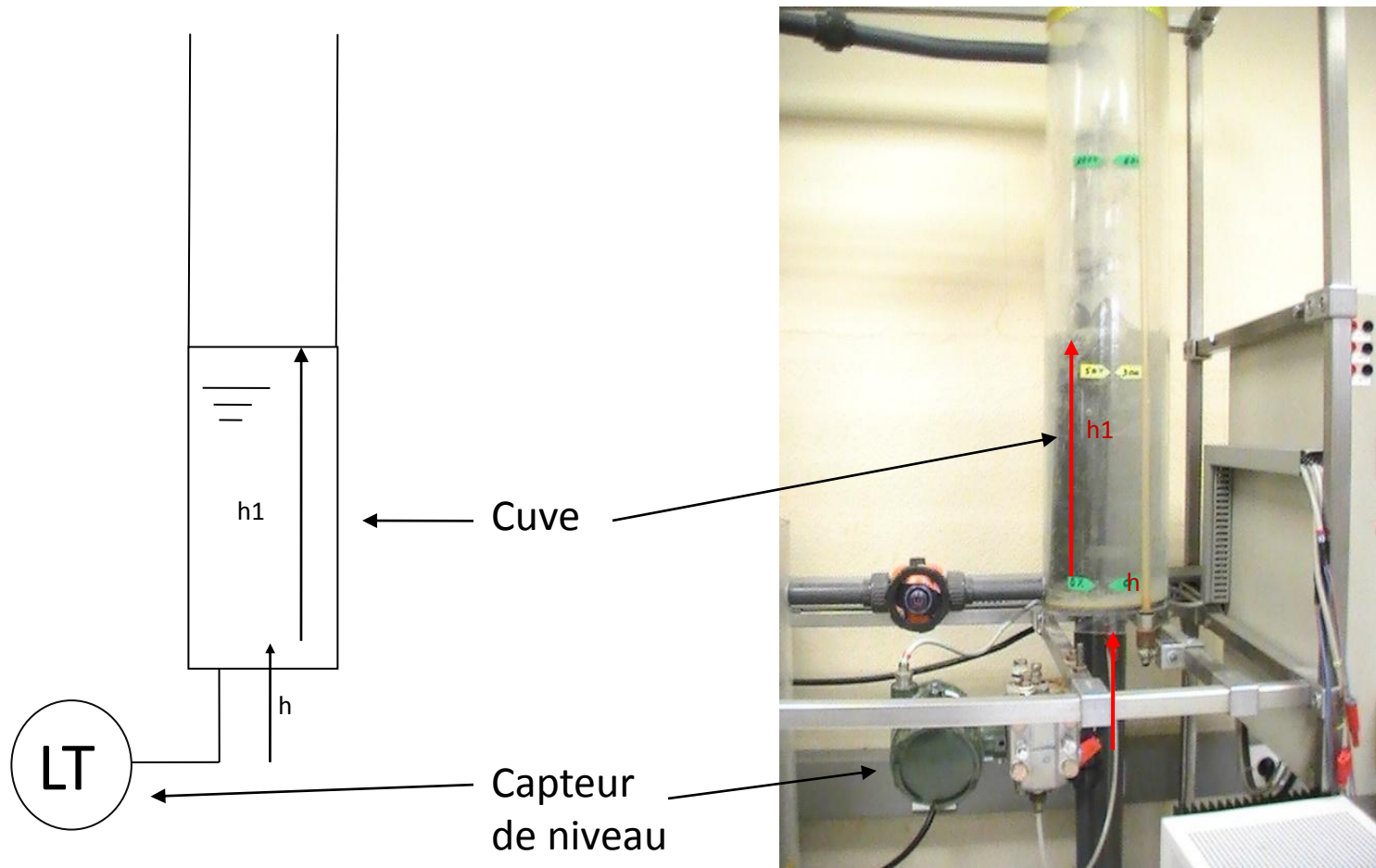
temps prévu:1h

II-1) Déterminer son principe de fonctionnement (grandeur d'entrée , grandeur de sortie, conversion réalisée)

II-2) Relever la plaque signalétique de l'appareil, la commenter (références, constructeur, réglages)

II-3) Le liquide utilisé est de l'eau, vérifier que le montage sur la maquette est correct.

II-4) Déterminer les réglages de ce transmetteur ; l'EdM (étendue de mesure et le Dz (décalage de zéro)



$h_1=0,6\text{m}$ $h=0,2\text{m}$

$P_{\text{atm}}=1\text{ bar}$

$\rho_{\text{eau}}=1000\text{kg/m}^3$

III Étalonnage du capteur (ANALYSER et REALISER)

temps prévu : 45 mn

De 6 à 8 postes élèves seront prévus (photo ci-dessous) pour cette partie pratique, l'étude se fera en binôme.

Exemples d'activités des élèves

Le capteur de mesure est maintenant posé sur un établi afin de procéder à l'étalonnage.

On utilisera un détendeur, un manomètre de précision, une alimentation stabilisée et un milliampèremètre.

III-1) Proposer un protocole permettant l'étalonnage de cet appareil, s'aider de la notice du capteur

III-2) Réaliser le montage et procéder à l'étalonnage.



Montage d'étalonnage

Afin de **valider** l'étalonnage, il s'agit de tracer la caractéristique de transfert statique du capteur. $I(\text{mA}) = f(P(\text{bar}))$



2 capteurs de
niveau
hydrostatiques

III Mise en service du capteur (REALISER et VALIDER) temps prévu : 30mn

Un groupe d'élèves réalise le montage, puis par binôme les élèves répondent aux questions dont la synthèse se fera par le professeur

Exemples d'activités des élèves

Réaliser le montage sur la maquette permettant de raccorder le capteur de niveau au régulateur

Après avoir effectué plusieurs variations de mesures, on constate que l'affichage de la mesure se fait avec un certain temps de retard.

Justifier ce temps de retard et proposer une technique pour le mesurer.

IV Mesure du niveau par capteur à ultra-sons

temps prévu : 30mn



Capteur à ultra sons industriel

Cône d'émission-
réception

Mesure de
température



télémètre

Le capteur à ultra sons étudié peut-être issu d'une grande surface de bricolage et coûter environ 20€. Il s'agit en fait d'un télémètre

L'intérêt pédagogique de ces capteurs est qu'ils sont compensés en température. En effet la vitesse du son est liée à la température du milieu.

4-1) L'objectif de l'expérience est de mesurer une distance. Puis de leurrer le télémètre en chauffant le capteur et de remesurer la même distance. (REALISER)

Déterminer le l'inconvénient de ce type de capteur. (VALIDER)

Justifier de l'utilisation de capteurs radar à ondes électromagnétiques (VALIDER)

L'activité de l'enseignant consistera à justifier de l'utilisation industrielle de ces appareils

Remarque. Dans le cadre de l'enseignement technologique en LV1 j'ai utilisé ce télémètre.

La notice de l'appareil étant commentée en **allemand**. A noter que cet enseignement complémentaire en LV1 suscite un regain d'intérêt pour les élèves.

Anwendung des Textes; Der Schall

Wie funktioniert ein Ultraschall-Entfernungsmesser (oder Telemeter)?

Ein gerichteter Puls (Wellen-Packet) wird vom Telemeter emittiert. Dieser Puls breitet sich mit der Schallgeschwindigkeit des umgebenden Mediums aus (in Luft 340m/s, in Wasser 1500m/s) und wird von dichten Gegenständen als Echo zum Schallgeber rückreflektiert. Die Zeitdauer für den Hinlauf und für den Rücklauf ist ein Maß für die Entfernung des Gegenstandes.

Bemerkung: Schall oberhalb von 20 kHz heißt Ultraschall, Schall unterhalb von 16 Hz heißt Infraschall

Als Beispiel; Ein Telemeter Magnusen

Technische Daten

Meßbereich	0,5 m bis 20 m
Auflösung	0,01 m
Genauigkeit	+/- 1 % Anz.
Ultraschallfrequenz	40 kHz (!!)
Stromversorgung	2 x 9V-Alkali-Batterien
Stromverbrauch	16 - 35 mA (ca. 50 Stunden Betriebszeit)
Auto-Off ca.	2 Minuten nach dem letzten Tastendruck
Betriebsbedingungen Temperatur:	0 bis 48 °C
Feuchte:	30 bis 70 % r. F.
Luftgeschwindigkeit:	keine Luftbewegung
Abmessungen:	149 x 77 x 47,5 mm
Gewicht	180 g

Wie viel Zeit braucht die Schallwelle um einen Abstand von 2,5m Messen?

Die Schallgeschwindigkeit ist abhängig von der Temperatur des Mittels. Wie rechnet damit der Telemeter?

Wie glaubt ihr dass ein SONAR (Sound Navigation And Ranging) funktioniert?

Die selbe Frage für ein RADAR (Radio Detection And Ranging)

Dieselben Anwendungen kann man für Tiere erweitern; Fledermäuse und Delphine, zum kommentieren.

Séquence pédagogique : Régulation de niveau

I But :

La mise en œuvre d'une boucle de régulation de niveau et l'analyse de ses performances

II Prérequis

Hydrostatique ; mesure de niveau,
mesure de débit, conservation de la matière

III Situation temporelle

Le thème du château d'eau étant traité en début d'année, cette séquence serait la troisième voir quatrième séquence .

IV Documents à disposition :

Dossier technique de la maquette

V Aspect fonctionnel ; boucle de régulation ; schéma fonctionnel (ANALYSER)

temps prévu : 1h 15

Cette analyse se fera par binôme, tous les élèves pratiquent la même, la maquette sert de support visuel

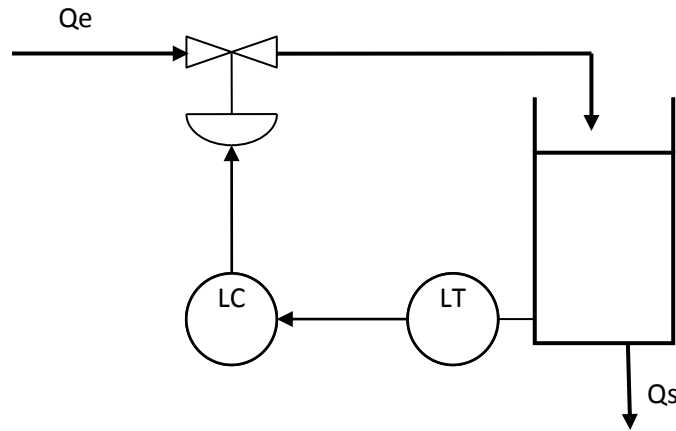


Schéma de principe d'une régulation de niveau

V-1) A l'aide du schéma de principe et de la maquette, déterminer **les grandeurs fonctionnelles d'une boucle de régulation de niveau**

Grandeur réglée ;

Le niveau

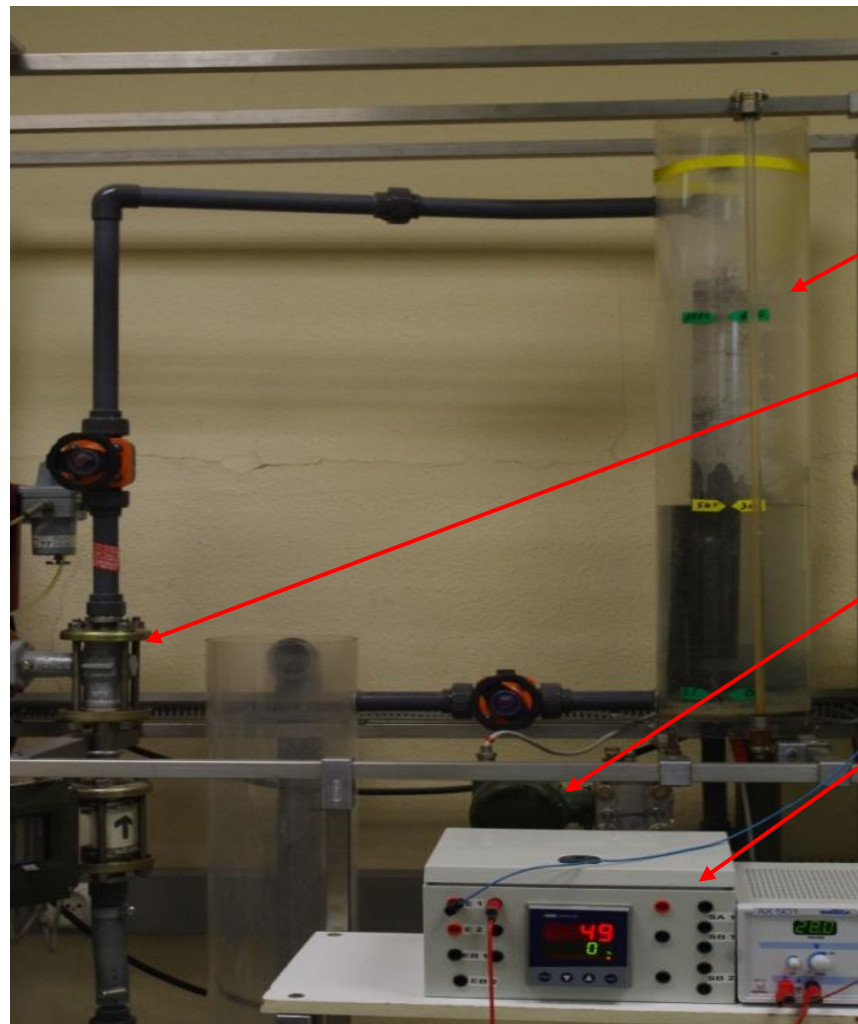
Grandeur réglante ;

Le débit entrant Q_e

Grandeur perturbatrice;

Le débit sortant Q_s

V-2) Identifier et nommer les éléments constituant cette boucle de régulation



cuve

vanne de
réglage

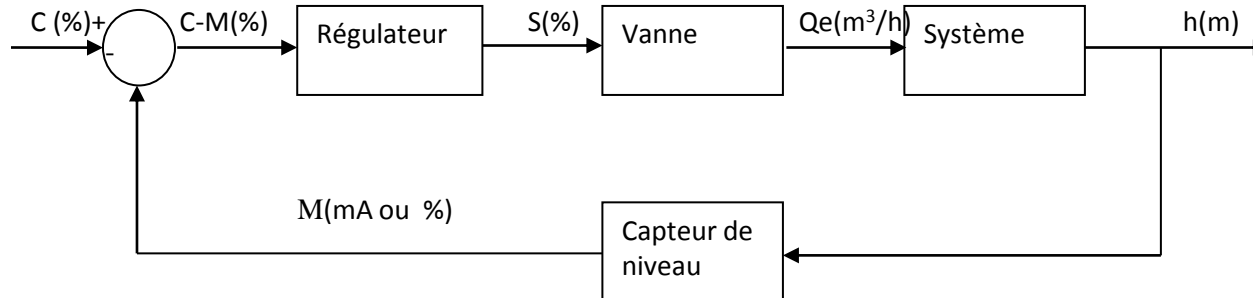
capteur de
niveau

Régulateur

Ce travail d'identification peut se faire à l'aide d'un appareil photo numérique qui permettra de réaliser un compte rendu commenté

V-3) Déterminer le schéma fonctionnel de la boucle de régulation de niveau

S'agissant du premier schéma fonctionnel réalisé les élèves seront guidés pas à pas



M : Mesure signal délivré en mA par le transmetteur

C : Consigne également appelée consigne interne, introduite par clavier au régulateur

S : Sortie du régulateur signal en %, en fait en mA. Ce courant permet de piloter la vanne.

Q_e : débit d'eau piloté par la vanne (en fait un robinet télécommandé)

h : hauteur d'eau dans la cuve en m

VI Régulation de niveau dans la cuve (REALISER)

temps prévu : 45 mn

Le montage sera réalisé par un groupe

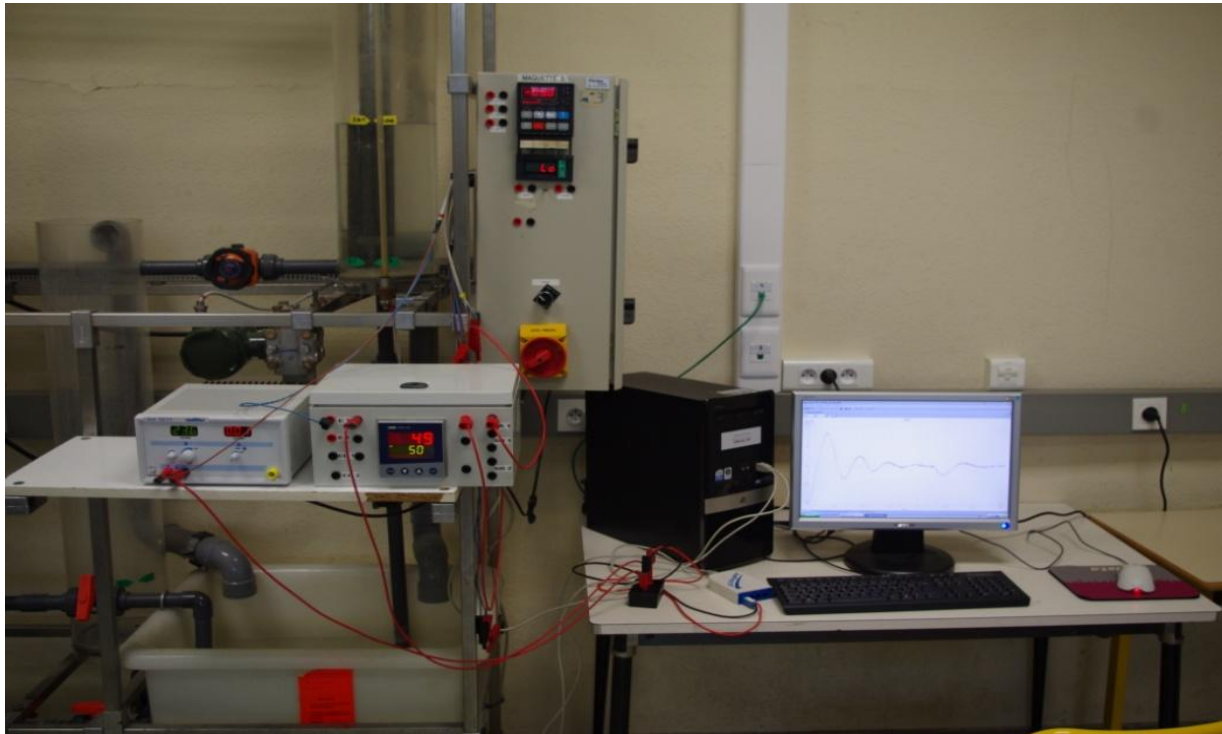
Vi-1 Réaliser le montage permettant de réguler le niveau (raccorder la vanne et le transmetteur au régulateur)

L'activité d'enregistrement sera effectuée par un groupe

VI-2 Les paramètres gain et temps d'intégrale du régulateur étant fixés

Procéder à un enregistrement d'un échelon de consigne et d'une perturbation du débit d'extraction.

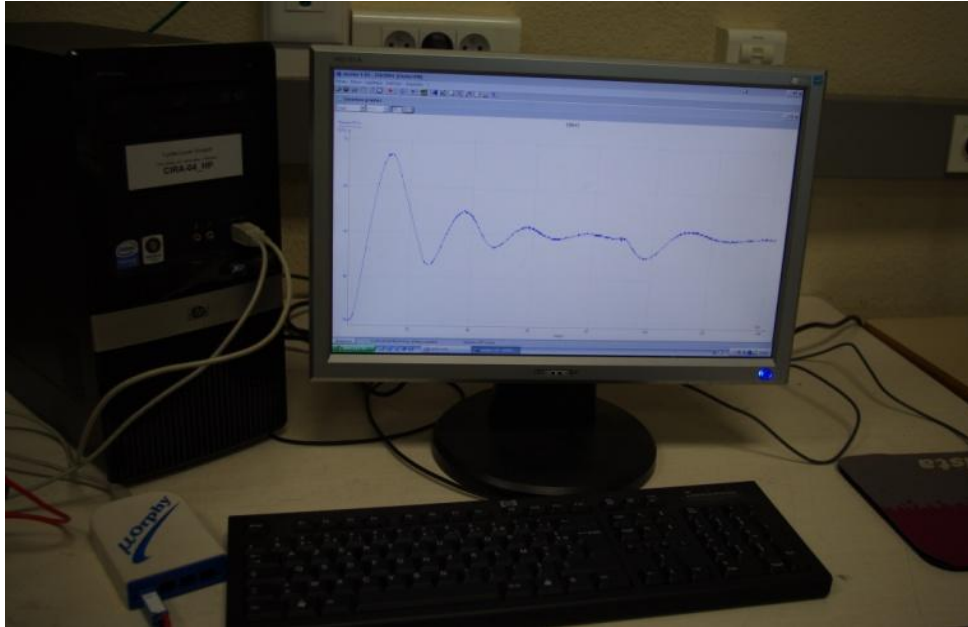
Réaliser un deuxième enregistrement avec une action intégrale nulle.



VII Exploitation des résultats obtenus (VALIDER)

temps prévu : 1h

VII-1 Déterminer les différents paramètres ;



Les résultats des mesures seront disponible sous un tableur et pourront ainsi être exploitées par binôme

Temps de réponse à 5%

Valeur du premier dépassement


L'écart statique


Justifier du rôle de l'action intégrale (Communiquer)


Influence du gain sur la dynamique du système (Communiquer)

Le système didactisé

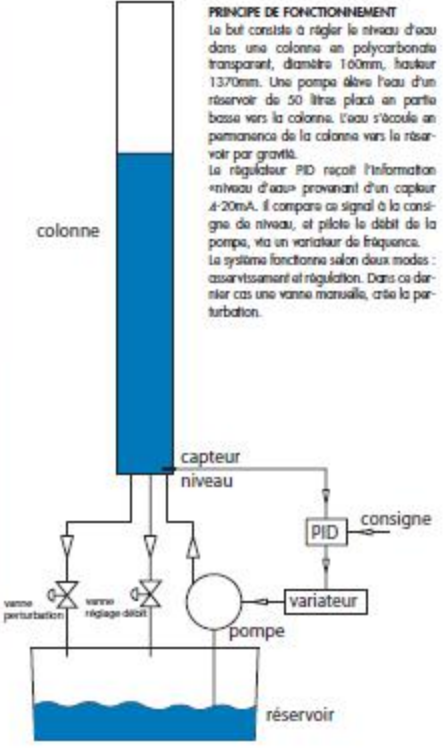
Exemple de système complet proposé ; environ 7000€

**SYSTEMES & SOUS-SYSTEMES**

**Régulation de niveau et de débit PID dans une**



ref. DESNIV



colonne

capteur niveau

PID

consigne

variateur

pompe

vanne perturbation

vanne réglage débit

réservoir

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
Le but consiste à régler le niveau d'eau dans une colonne en polycarbonate transparent, diamètre 100mm, hauteur 1370mm. Une pompe élève l'eau d'un réservoir de 50 litres placé en partie basse vers la colonne. L'eau s'écoule en permanence de la colonne vers le réservoir par gravité.
Le régulateur PID reçoit l'information «niveau d'eau» provenant d'un capteur 4-20mA. Il compare ce signal à la consigne de niveau, et pilote le débit de la pompe, via un variateur de fréquence.
Le système fonctionne selon deux modes : asservissement et régulation. Dans ce dernier cas une vanne manuelle, crée la perturbation.

Autre possibilités

Réalisation en interne à l'aide du d'un dossier technique..... ;



Quelques notions de tarifs;

manomètre de pression : environ 150€

capteur de pression de 200 à 1000€

Régulateur didactisé environ 300€

Capteur à ultra-sons environ 20€

production d'air (compresseur avec cuve) de 150 à 400€